2152

Ueber die

Latenzzeit der Pupillenerweiterung

bei Reizung des Halssympathikus.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Fakultät der Universität Rostock

zur Erlangung der medicinischen Doktorwürde

vorgelegt

von

Ernst Albrecht

approb. Arzt.

Flensburg.

Druck von J. B. Meyer.

1897.

ACAD.
LUGD BAT.
BIBL.

Dem Andenken

meiner Grosseltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552725_0135

I. Einleitung.

Zahlreiche Beobachtungen an den nervösen Zentralorganen haben gelehrt, dass überall dort, wo eine nervöse Erregung nicht einfach in Nervenfasern fortschreitet, sondern auf ihrem Wege durch Ganglienzellen hindurchpassiren muss, eine Leitungsverzögerung sich geltend macht. Diese Verzögerung macht das Vorhandensein einer so hohen Reflexzeit verständlich, wie sie durch die Untersuchungen von Helmholtz (1), Wundt (2), Exner (3), Rosenthal (4) u. A. festgestellt worden ist. Sie macht sich ferner bemerklich bei der Reizung der Grosshirnrinde, wo sie von Franck und Pîtres (5), Langendorff und Krawzoff (6), Heidenhain und Bubnoff (7) nachgewiesen wurde. Sie ist endlich wie zuerst von Exner, dann unter Langendorffs Leitung von Joseph (8), später von Gad (9) gezeigt worden ist, auch dort vorhanden, wo die motorischen Hirnimpulse, ehe sie auf die Fasern der spinalen Vorderwurzeln übergehen, in die Nervenzellen der Vorderhörner eintreten. Allgemein wird also überall dort eine Verzögerung in der Fortleitung beobachtet, wo die Erregung von den Endbäumchen eines Nerven auf ein folgendes Kettenglied, d. h. auf die Zellen der nächsten Neuronen überzugehen hat.

Für die Intervertebralganglien und die ihnen homologen Ganglien der Hirnnerven liegt die Sache zweifelhaft. Zuerst hat für sie Wundt (10) auf Grund von Versuchen an den Spinalganglien des Frosches eine Leitungsverzögerung behauptet. Er fand, wenn er durch Reizung eines sensiblen Rückenmarksnerven eine Reflexbewegung hervorrief, die Zeit zwischen Reiz und Bewegung bei Reizung der hinteren Wurzel so viel kürzer,

als bei Reizung einer distal vom Ganglion gelegenen Stelle des Nerven, dass auf die Einschaltung eines verzögernd wirkenden Organs geschlossen werden musste. Zu ähnlichen Folgerungen gelangten Gad und Joseph (11), als sie die Zeit massen, die zwischen einer centripetalen Vagusreizung und dem dadurch ausgelösten Atemreflex verfliesst. Reizten sie unterhalb des Jugularganglions, so trat die reflectorische Atembewegung um im Mittel 0,036 Sec. später auf, als bei Reizung des Nerven über dem Ganglion. Anders lauten freilich die Ergebnisse einer von Exner (12) angestellten Untersuchung, die sich auf den zeitlichen Ablauf des mit der Nervenerregung einhergehenden Aktionsstromes bezog. Indem Exner mittelst des Rheotoms das zeitliche Eintreffen der „negativen Schwankung“ am proximalen Ende einer sensiblen Wurzel bestimmte, fand er, dass es keinen merklichen Unterschied machte, ob er diesseits oder jenseits des Spinalganglions den Reiz anbrachte.

Nun liegen freilich für die Spinalganglien und deren Homologe die anatomischen Verhältnisse so, dass man zur Zeit noch nicht sagen kann, ob die Erregung wirklich durch die Nervenzellen hindurchgehen muss. Sie muss zweifellos, da die Nervenzellen hier mit T förmig getheilten Fortsätzen ausgestattet sind, von dem einen Schenkel der T faser auf den andern übergehen. Ob sie aber an der Theilungsstelle der Faser einfach überspringt, oder ob sie erst durch den gemeinsamen Faserschenkel in die Nervenzelle eindringt und wieder aus ihr hervortritt, lässt sich a priori nicht entscheiden. Da es sich hier nicht um Endbäumchen handelt, wäre es zudem denkbar, dass die Erregung die Nervenzelle durchsetzte, auch ohne in ihrer Fortleitung aufgehalten zu werden. Nebenbei sei bemerkt, dass es durch vergleichend anatomische wie durch entwicklungsgeschichtliche Thatsachen allerdings sehr wahrscheinlich wird, dass die Spinalganglienzellen in den Erregungsweg eingeschaltet sind. Finden wir doch bei den Fischen noch bipolare Zellen an diesen Stellen vor, und sind doch auch bei höheren Wirbeltieren auf einer tieferen Stufe der ontogenetischen Entwicklung ebenfalls zwei diametrale Fortsätze der Spinalganglienzellen vorhanden. Hier muss die Erregung die Zelle durchlaufen und es wäre nicht unwahrscheinlich, dass, wenn im bleibenden Zustand beim Säugetier die beiden Zellfortsätze

auch theilweise mit einander verschmolzen sind, die Leitung durch die Zelle noch ebenso wie früher bestehen bleibt.

Wesentlich verschieden von den bei den Intervertebralganglien sich findenden Verhältnissen liegen die Dinge für die Ganglien des sympathischen Nervensystems. Durch die Untersuchungen von Retzius, Sala, Kölliker (13) u. A. wissen wir, dass die überwiegende Zahl der Zellen einen multipolaren Charakter hat. Neben zahlreichen Dendriten findet sich ein Nervenfortsatz. An die Zellen legen sich die in das Ganglion eintretenden und hier endenden Fasern mit ihren Endbäumchen an. Die Anordnung ist also ganz ähnlich wie etwa bei den grossen multipolaren Nervenzellen der Vorderhörner des Rückenmarkes. Wie dort, stossen auch hier zweierlei Neuronen mit ihren Enden und Anfängen aneinander. In physiologischer Beziehung wird dadurch das Vorhandensein einer Leitungsverzögerung äusserst wahrscheinlich. Da bisher Untersuchungen darüber nicht vorliegen, hatte mir Professor Langendorff die Aufgabe gestellt, die zeitlichen Verhältnisse beim Durchtritt von Erregungen durch ein sympathisches Ganglion zu ermitteln. Als am ersten geeignet erschien uns dazu das Ganglion cervicale superius. Durch die Arbeiten von Langley und Dickinson (14) sowie die daran sich anschliessenden von Langendorff (15) wissen wir, dass gewisse nervöse Leitungen, deren Vorhandensein die Reizung des Halssympathikus beweist, die Nervenzellen des oberen Halsknotens passiren müssen. Langley und Dickinson konnten dies durch Benutzung ihrer Nikotinmethode, Langendorff dadurch nachweisen, dass er die Nervenzellen durch Erstickung abtödtete. Vor allem gilt dies für die Bahn der pupillenerweiternden Fasern. So schien uns diese auch am geeignetsten, das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Leitungsverzögerung im Ganglion zu prüfen. Ich muss freilich gleich bemerken, dass ich bei der Schwierigkeit der Untersuchung über die Vorarbeiten nicht hinausgekommen bin. Immerhin ist das von mir gesammelte Material nicht ohne Werth, da darauf eine spätere Untersuchung wird fussen müssen, und da die hier mitzutheilenden Versuche den Anlass gegeben haben, eine Methode auszubilden, mit Hülfe deren man im Stande ist, mit annähernder Genauigkeit die Zeit zu messen, die zwischen einer Reizung des Sympathikus und der darauf

eintretenden Pupillenerweiterung vergeht. Die Aufgabe bestand, wie aus dem vorhergehenden zu sehen ist, darin, erst diese Zeit zu bestimmen bei Reizung irgend einer Stelle des Halssympathikus zwischen unterem und oberem Halsganglion; dann diese Messung zu wiederholen unter Reizung derjenigen sympathischen Fäden, die aus dem Ganglion kopfwärts verlaufen. Der vorauszusetzende Unterschied beider Werthe hätte dann die gesuchte Leitungsverzögerung im Ganglion ergeben.

Der zweite Theil dieser Aufgabe ist nur in einigen wenigen Fällen in Angriff genommen worden und die wenigen in dieser Richtung gemachten Beobachtungen sind durchaus unsicher. Die ursprüngliche Aufgabe beschränkt sich deshalb dahin, dass zunächst einmal die Zeit bestimmt wurde, die verfliesst von dem Momente, wo ein Reiz den Halssympathikus unterhalb des oberen Halsknotens trifft bis zu dem Augenblick, wo die Pupille darauf mit Erweiterung zu reagiren beginnt. Wir wollen diese Grösse als Latenzzeit der Pupillenerweiterung bezeichnen.

II. Fremde Versuchsmethoden.

Messungen dieser Zeit sind bis jetzt von zwei Forschern vorgenommen worden, von Heese unter der Leitung von Bernstein (16) und von Braunstein (17). Heese verfuhr so, dass er bei Katzen die Erweiterung der Pupille graphisch aufschrieb und dabei in der üblichen Weise die Zeit der latenten Reizung mass. Zu diesem Zwecke wurden in der, durch Fortnahme der Hornhaut frei gelegten Iris mit oder ohne vorherige Abtragung des Sphincter ein oder zwei Häkchen befestigt und diese mit einem möglichst gewichtslosen doppelarmigen Schreibhebel verbunden. Die Iris wurde beständig mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet. Wurde bei dieser Anordnung der Sympathikus am Halse mit Induktionsströmen gereizt, so zeichnete sich „eine ziemlich gleichmässig gestaltete sanft an- und absteigende Kurve auf.“ „Das Stadium der latenten Reizung, fährt der Verfasser fort, ist ein ziemlich bedeutendes, beträgt

etwa zwei Secunden und entsprach also ganz dem Verhalten glatter Muskeln.“ Ich selbst habe zuerst versucht, das Verfahren von Heese für meine Bestimmungen zu benutzen, allein trotz aller Vorsichtsmassregeln zeigte sich bald, dass der Erfolg ein äusserst unsicherer ist. Häufig blieb jede Bewegung des Schreibhebels aus; wurde eine solche erzielt, so war sie so schwach, dass eine genaue Messung der Latenzzeit nicht möglich gewesen wäre. Ich würde diesen Misserfolg meiner nicht genügend ausgebildeten Technik und nicht der Versuchsmethode zur Last legen, hätten mich nicht meine später mitzutheilenden Versuche gelehrt, dass die Latenzzeit von 2 Secunden, wie sie Heese angiebt, viel zu gross ist. Diese Verlängerung ist aber, soweit nicht die Flachheit der Kurve die Messung beeinträchtigte, sicher verschuldet durch die eingreifende Operation am Auge und durch die unvermeidliche Abkühlung, die durch die Berieselung mit Kochsalzlösung nur vermehrt werden musste.

Ein von diesen Fehlern freies, anscheinend durchaus genaues Verfahren hat Braunstein unter der Leitung von W. J. Danilewski benutzt. Er bediente sich zur Aufschreibung der Pupillenbewegung der Methode von Bellarminow. Der dabei verwendete „Photokoreograph“ beruht auf dem Princip der photographischen Registrirung. Das von einem Objectiv entworfene Bild der Pupille wird auf dem Mantel eines mit Bromsilberpapier bekleideten Registrircylinders aufgefangen. Bei der Bewegung des Cylinders stellt sich die Pupille als ein helles bei Veränderung ihrer Weite an Breite wechselndes Band dar. Es war Sorge getroffen, dass gleichzeitig der Moment der Reizung und die Zeit sich selbstthätig auf dem Papier aufschrieben. Bei den Versuchen, in welchen eine Pupillenerweiterung durch Reizung des Halssympathikus ausgelöst wurde, ergaben sich für die Latenzzeit Werthe, die wie es scheint immer unterhalb $^1/_2$ Secunde lagen, in Versuch I z. B. eine solche von 0,41 Secunden, eine Zeit, die fast nur $^1/_5$ der von Heese ermittelten beträgt.

III. Eigenes Verfahren.

Ich selbst habe mich eines indirekten Messungsverfahrens bedient. Das Prinzip desselben war folgendes: Die Pupille, eines Thieres (Katze) wurde mittelst des schon von Mulert (18) benutzten Koreoskops beobachtet. In einem gegebenen Augenblick erfolgte eine kurze Tetanisirung des Halssympathikus; der Reizmoment wurde auf der Registrirtrommel vermerkt. Den Moment der beginnenden Pupillenerweiterung hatte der Beobachter durch Niederdrücken eines mit Kette und Schreibmagnet verbundenen Tasters zu signalisiren. So erhielt man Zeitwerthe, die allerdings die zu messende Latenzzeit einschlossen, doch durch den mit der Signalgebung verbundenen persönlichen Fehler vergrössert waren. Um diesen zu eliminiren, musste eine direkte Bestimmung desselben vorgenommen werden. Durch Abzug der dabei erhaltenen Werthe von der vorher gemessenen Zeit, erhielt man die gesuchte Latenzzeit.

Wie man sieht, hat dieses Verfahren eine gewisse Ähnlichkeit mit demjenigen, das von Helmholtz, Schelske und von Wittich verwendet worden ist, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im sensiblen Nerven des Menschen zu bestimmen. Auch dort ist die zu messende Zeit vergrössert um die Reaktionszeit, nur, dass diese bei der Rechnung von selbst herausfällt. Noch näher steht meinem Verfahren das von Aubert und Angelucci (19) eingeschlagene, dessen sie sich zur Messung der Latenzdauer des Akkommodationsvorganges bedienten. Sie beobachteten ein Reflexbildchen auf der vorderen Linsenfläche und gaben ein Signal, sobald beim Eintritt der Akkommodation die erste Bewegung des Bildchens wahrgenommen wurde.

A.

Bestimmung des persönlichen Fehlers.

1. Nach dem Angeführten war die Voraussetzung des anzuwendenden Versuchsverfahrens die vorherige oder nachträgliche Ermittelung des persönlichen Fehlers. Zu diesem Zwecke wurde in einer ersten Reihe von Versuchen die Reaktionszeit bei einfachen optischen Signalen bestimmt.

Als Reiz diente ein elektrischer Öffnungsfunke, die Antwort des Beobachters bestand im Niederdrücken eines Morsetasters. Reizmoment und Reaktion wurde mittelst eines durch geringe Trägheit ausgezeichneten Signalmagnets auf die rotirende Trommel geschrieben, auf die gleichzeitig eine chronographische Stimmgabel zeichnete. Zur Erzeugung des Funkens diente ein Quecksilberschlüssel besonderer Construktion (von Herrn Custos Westien ausgeführt), der präcis eingestellt werden konnte. Der beim Öffnen des Schlüssels erzeugte Lichtpunkt wurde mittelst des Koreoskops beobachtet. Die einzelnen Versuchsreihen (im Ganzen vier) ergaben ziemlich gut übereinstimmende Mittelwerthe.

Die nachfolgende Tabelle enthält sämmtliche dabei erhaltenen Resultate, jede Messung in $^1/_{200}$ Secunden (d. h. halben Schwingungen der zeitmessenden Stimmgabel) ausgedrückt.

Versuch I.

39 31 22 38 17 23 33 37 32 27 29 38 37
42 29 29

Durchschnitt $\frac{31{,}43}{200}$

Versuch II.

38 37 34 36 35 31 35 33 37 26 35 35 37
38 37 27 27 35

Durchschnitt $\frac{34{,}05}{200}$

Versuch III.

37 43 35 43 35 29 26 27 32 30 37

Durchschnitt $\frac{34{,}00}{200}$

Versuch IV.

36 35 34 32 37 36 39 29 36

Durchschnitt $\frac{34{,}88}{200}$

Gesammtdurchschnitt $= \frac{34{,}31}{200}$ oder in Secunden ausgedrückt $=$ 0,1715 Secunden.

Sehe ich von Versuch I ab, der sich durch starke Abweichung vom Mittel auszeichnet, so ist die Mittelzahl 0,1732

Secunden, das Maximum 0,215, das Minimum 0,130, die am häufigsten (8 mal, das ist in mehr als 20 % der Fälle) vorkommende Zahl ist $\frac{35}{200} = 0{,}175$ Secunden. Sie weicht vom Mittel nicht einmal um 0,002 Secunden ab.

2. Es musste indessen von vornherein klar sein, dass diese Bestimmung nicht ausreichte. Wenn auf den Zeitpunkt reagiert werden soll, in welcher sich die Pupille zu erweitern beginnt, so ist die gestellte Aufgabe offenbar viel schwieriger, als wenn das Erscheinen eines momentan aufleuchtenden Funkens das Signal bildet. Im ersten Falle wird eine träge Bewegung wahrgenommen, deren Anfangsstadien dem Beobachter selbst bei schärfster Einstellung des Microscops entgehen können. Aber selbst, wenn dies nicht der Fall wäre, würde sich hier zur einfachen Reaktionszeit vermuthlich noch eine Zeit addiren, die mit der sogenannten Unterscheidungszeit Ähnlichkeit hat. Endlich ist festzuhalten, dass die Reaktionszeit mit zunehmender Intensität der Sinnesreize abnimmt; ein elektrischer Funke ist aber sicher ein stärkerer Reiz, als der Beginn einer langsam ablaufenden Muskelbewegung. Diese Ueberlegungen, die auch Aubert gelegentlich seiner Accomodationsversuche angedeutet hatte, haben mich veranlasst, eine Reaktionszeit auch unter solchen Bedingungen zu messen, die den beim Thierversuch vorhandenen möglichst nahe kommen.

Zu diesem Zwecke wurde eine Vorrichtung construirt, durch die der Vorgang der Pupillenerweiterung künstlich nachgeahmt werden konnte, und mittelst dessen sich der Moment der beginnenden Erweiterung selbstthätig verzeichnete. Ein senkrecht stehendes Brettchen (s. Figur S. 14) hatte in Kopfhöhe des Beobachters ein Loch von der Grösse eines Katzenauges. Etwa den vierten Theil der kreisförmigen Öffnung bedeckte ein senkrechter Papierstreifen, an dessen freien Rande eine schwarze Katzenpupille (a) in Form und Grösse ihres normalen Aussehens entsprechend aufgemalt war. Der rechte Rand der Pupille ragte in den freien Raum des Loches hinein. Hinter dem Loch wurde ein weisses Papier als Hintergrund befestigt, so, dass zwischen Papier und Brett ein schmaler Raum blieb; hinter dem Brett ist an einer Uhrfeder (c) eine schwarze Blechscheibe (b) befestigt, deren Durchmesser etwas grösser ist als der der Pupille.

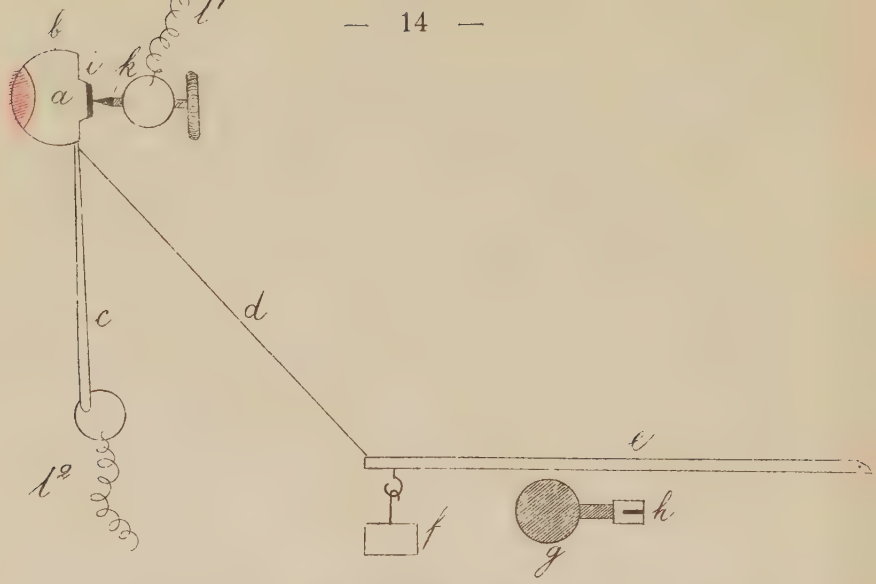
Die Feder wurde durch ein kleines Gewicht (f), welches mittelst eines über eine Rolle geführten Fadens (d) befestigt war, noch bei c an einen Drahtstift (h) gezogen. Bewegte man diese Scheibe langsam von rechts nach links, so vergrösserte sich das schwarze Antheil des Gesichtsfeldes in einer Weise, dass man den Eindruck erhielt, als wenn die aufgezeichnete Pupille sich ganz nach Art der Katzenpupille vergrössete.

An dem Faden, welcher das Gewicht trägt, wurde oberhälb des Gewichts ein Rohrstab (e) befestigt, letzterer lag dicht über der Axe (h) des Baltzar'schen Registrirapparats; auf der Axe befand sich ein Vorsprung (g), der bei jeder Umdrehung der Axe den Stab langsam hob; somit wurde das Gewicht gehoben und die schwarze Scheibe bewegte sich in der oben angegebenen Weise.

Da beim Registrirapparat sich verschiedene Geschwindigkeiten einstellen liessen, so konnte die Geschwindigkeit des Ganges entsprechend geregelt und eine Bewegung herbeigeführt werden, die der Erweiterung der Katzenpupille auch in ihrem Ablauf äusserst ähnlich war.

Um den Beginn der Bewegung festzustellen, war ein elektrischer Strom derart geführt, dass die künstliche Pupille im Nebenschluss eines Stromkreises (l^1, l^2) lag, welcher von der Batterie zum elektrischen Signal ging, in ihn war ein Morse'scher Taster eingeschaltet.

Setzte man jetzt den Apparat in Gang, so ging bei jeder Umdrehung der Axe einmal die Uhrfeder nach links, löste den Nebenschluss, der Strom ging durch das Signal und zog den Schreibhebel nach unten. Der Beobachter beobachtete durch ein Irismikroskop die Pupille und reagirte auf jede Erweiterung durch Druck auf den Taster, hierbei wird der Strom unterbrochen und der Zeichenhebel schnellt nach oben. Alle Bewegungen des Hebels werden auf eine berusste Trommel aufgezeichnet, gleichzeitig schreibt eine König'sche Stimmgabel mit, die in der Secunde 100 Schwingungen macht. Da die Trommel sehr schnell geht und die Stimmgabelschwingungen ziemlich gross sind, lassen sich die Zeiten in halben Schwingungen also 200stel Secunden ausrechnen.



Mit Hülfe der geschilderten Vorrichtung sind nun die Versuche so angestellt worden, dass damit der persönliche Fehler unmittelbar vor jedem Thierversuch und sofort nach demselben bestimmt wurde. Aus den in beiden Fällen erhaltenen Zeiten konnte jedesmal ein Mittelwerth gezogen und von der im Thierversuch ermittelten „rohen" Latenzzeit in Abzug gebracht werden. In den später mitzutheilenden Versuchen sind die dem Thierversuch vorangehenden Messungen mit A, die am Thier gemachten Bestimmungen mit B, die denselben nachfolgenden Reaktionsversuche mit C bezeichnet. Bevor diese Versuche mitgetheilt werden, gebe ich hier eine tabellarische Zusammenstellung der Reaktionszeit-Werthe. In jedem Versuch entspricht die erste Zahlenreihe (A) den Mittelwerthen aus den A-Beobachtungen, die zweite denen der C-Versuche, die dritte enthält die Gesammtmittel.

Versuch	A.	C.	Mittel.
I	37.91	50 54	44.11
II	46.68	44.66	45 67
III	42.95	46.00	44 47
IV	43.88	52.00	47.94
V	44.94	44.82	44.88

Ist es erlaubt, aus den in der dritten Reihe stehenden Zahlen noch einmal eine Mittelzahl zu berechnen, so würde

diese 45,41 sein, dass heisst, da alle Werthe in $^1/_{200}$ Secunden ausgedrückt sind, = 0,227 Secunden.

Zu dieser Tabelle ist folgendes zu bemerken:

a) Die erhaltenen Werthe sind, wie zu erwarten war, erheblich grösser als die für die Reaktionszeit bei einfachen Funkensignalen gewonnenen. Für diese betrug das Mittel 0,173 Secunden. Der Unterschied beträgt also mehr als 0,05 Secunden und die Mittelzahl ist sogar grösser, als das Maximum, das bei den Funkenreaktionen vorkam.

b) Die A-Zeiten sind meistens kleiner als die C-Zeiten. Das hat seinen Grund darin, dass zwischen der Messung beider die eigentlichen Bestimmungen am Thier liegen. Diese erforderten die ganze Aufmerksamkeit des Beobachters und führten deshalb, besonders, wenn der Versuch lange dauerte, zur Ermüdung. Diese macht sich in der Vergrösserung der C-Zeiten bemerklich. Bemerkenswerth ist dabei, dass Versuch IV der längste Thierversuch war, der angestellt worden ist, und nicht weniger als 200 Einzelbestimmungen enthielt. Die C-Zeiten sind demgemäss hier sehr viel höher als die A-Zeiten. Umgekehrt ist Versuch V ein ganz kurzer Thierversuch, C demgemäss nicht nur nicht länger, sondern sogar in Folge der Übung etwas kürzer als A.

c) Die Werthe für die Reaktionszeit an der künstlichen Pupille sind auch dann noch erheblich grösser, als die den Funkensignalen entsprechenden, wenn wir nur die A-Versuche berücksichtigen. Das Mittel aus diesen würde nämlich 0,2163 Secunden betragen, die Differenz also immer noch gegen 0,04 Secunden sein.

d) Es ist klar, dass von den im Thierversuch ermittelten Zeitwerthen, die also Reaktionszeit plus Latenzzeit enthielten, nicht die vorher bestimmte mittlere Reaktionszeit abzuziehen war, sondern am Besten ein aus den A- und C-Versuchen abgeleitetes Mittel. Denn die Ermüdung, die zur Erhöhung der Reaktionszeiten in C führte, konnte bereits in der zweiten Hälfte der B-Versuche (Thierversuche) sich geltend gemacht haben. Darnach bin ich denn auch meistens verfahren. Bei dem aus 200 Einzelbeobachtungen zusammengesetzten Versuch IV habe ich es indessen für zweckmässiger und richtiger gehalten, den Versuch so zu theilen, dass die 100 ersten Beob-

achtungen für sich zusammengefasst und berechnet wurden, und von dem aus ihnen ermittelten Werthe der Mittelwerth der A-Versuche in Abzug gebracht wurde. Ebenso wurden die 100 Beobachtungen des zweiten Theiles für sich berechnet und mit dem Mittel der C-Versuche verglichen.

B.

Methodik des Thierversuchs und Berechnungsverfahren.

Beim Thierversuch wurde folgendes Verfahren eingeschlagen:

Eine König'sche Stimmgabel mit 100 Schwingungen in der Secunde schreibt auf der berussten Trommel eines Baltzar'schen Registrirapparats, gleichzeitig dient die Stimmgabel zur Unterbrechung des Primärstroms eines Schlitteninduktoriums. In den Secundärstrom war ein Platincontakt eingeschaltet, der auf der Grundplatte der Registrirtrommel so angebracht war, dass er durch die Trommel selbst einmal bei jedem Umgang automatisch für eine innerhalb gewisser Grenzen zu variirende Zeitdauer geöffnet wurde. Dieser Contakt diente als Nebenschliessung für den Nervenkreis. Der Augenblick bezw. die Stelle der Reizung sowie ihre Dauer und damit zugleich die Zahl der Einzelreize wurde ein für alle Mal mit Hülfe eines Elektromagnets auf jeder Trommel vermerkt.

Der Moment der Reaktion wurde in folgender Weise festgestellt. Ein elektrisches Signal, das in die Stimmgabelkurve hineinschrieb und mit eigenem Stromkreis, in den ein Taster eingeschaltet ist, versehen war, war am Apparat angebracht; mit diesem Signal wurde vor dem Thierversuch erst durch Umschalten der Drähte Moment und Dauer des Reizes aufgeschrieben, beim Versuch selbst wird mit demselben Signal die Reaktion des Beobachters, die, wie angeführt, im Niederdrücken des Tasters bestand, notirt.

Alle Versuche sind an Katzen angestellt worden. Die Thiere wurden so tief narkotisirt, dass sie niemals durch Bewegungen stören konnten. Zu diesem Zwecke wurden sie zunächst chloroformirt und erhielten dann nach dem Aufbinden auf das Vivisektionsbrett 0,5—1,0 Chloralhydrat in die Bauch-

höhle injicirt. Die Einspritzungen wurden je nach Bedarf wiederholt, um das Thier in so tiefer Narkose zu halten, dass der Kopfhalter entfernt und das Auge der Beobachtung sehr leicht zugänglich gemacht werden konnte.

Hierauf wurde der Vago-Sympathikus freigelegt. Die Nerven wurden vorsichtig getrennt und der Sympathikus möglichst tief unterbunden und zusammen mit einem mit Kochsalzlösung befeuchteten Fliesspapierröllchen in Ludwig'sche Hartgummielektroden gelegt.

Vor dem Auge der betreffenden Seite, auf welcher der Sympathikus präparirt war, wurde nach entsprechender Lagerung des Thierkopfes ein Westien'sches Koreoskop mit grossem Focalabstand, in dessen Okular sich ein getheiltes Kreuz befand, scharf auf den Irisrand eingestellt. Dicht neben dem Beobachter stand auf dem Tisch der Taster, welche durch Stromöffnung das Signal in Bewegung setzte.

Wurde jetzt der Nerv gereizt, so fand eine Erweiterung der Pupille statt und die erste wahrnehmbare Bewegung wurde vom Beobachter nach der Trommel signalisirt. Um den Nerv möglichst wenig zu schädigen und vor allen Dingen, um der Pupille Zeit zu lassen, auf ihre Ruheweite sich wieder einzustellen, wurden zwischen dem Einzelreizen grössere Pausen gemacht. Da die Reizdauer meist eine geringe war, erweiterte sich die Pupille meistens nicht bis zum Maximum; dies erleichterte natürlich die Rückkehr zur Ruhestellung. Um die Berechnung auszuführen, habe ich wie oben auseinander gesetzt worden ist, von den gefundenen Reaktionszeiten den Durchschnitt gezogen; von den beim Thierversuch ermittelten Zeiten sind nicht ohne Weiteres die Durchschnitte berechnet worden. Es schien mir hier am zweckmässigsten zu sein, 1. die am häufigsten vorkommende, 2. die höchste und 3. die niedrigste Zahl zu berechnen. Für erstere wurde die Procentzahl ermittelt, die in der Regel sehr viel höher war, wie die den übrigen Werthen entsprechende. Natürlich ist ein derartiges Vorgehen nur beim Vorhandensein zahlreicher Beobachtungen von Werth; deshalb ist auch davon abgesehen worden, die A- und C-Bestimmungen in dieser Weise zu berechnen.

Auch in Versuch II und V ist für die B-Bestimmungen neben der procentisch häufigsten Zahl der Mittelwerth bestimmt worden.

Um ein übersichtliches Bild der Versuchsresultate zu geben, seien sie hier vollständig mitgeteilt.

Alle Werthe sind in 200stel Secunden angegeben.

IV. Versuche.

Versuch 1.

A.			B.	C.		
I.	II.	III.	Reizung unterhalb des Ganglion cervicale superius. Reizdauer $^{14}/_{200}$ Secunden.	I.	II	III.
44.	39.	41.	I. Rollenabstand 16 cm.	42.	47.	43.
33.	41.	34.	116. 104. 102. 126.	48.	46.	48.
38.	43.	41.	II. Rollenabstand 19 cm.	48.	53.	47.
35.	35.	50.	125. 141. 135. 141. 130. 124. 125.	48.	58.	47,
38.	34.	47.	III. Rollenabstand 18 cm.	48.	60.	48.
41.	35:	48.	151. 136, 142. 120. 118. 126. 131. 123.		45.	52.
36.	42.	51.	IV. Rollenabstand 18 cm.	Durchschnitt 50,54.		
	30.	36.	137. 126. 131. 135. 124. 126. 139. 121. 149.			
Durchschnitt 37,91.			V. Rollenabstand 10,5 cm.			
			158. 154. 139. 136. 143. 146. 147. 154.			
Gesammt-durchschnitt der Reaktionszeit: 44,11.			VI. Rollenabstand 8 cm.			
			130. 94. 135. 126. 126. 126. 124. 120. 118. 118.			

Beilage zu Versuch I.

126 findet sich 7 × in 46 Fällen, das ist ca. 15 % der Fälle.

Reaktionszeit $\frac{A + C}{2} = \frac{44.\ 11.}{200}$, so ist die wahrscheinliche Latenzzeit $= \frac{126 - 44.\ 11.}{200}$ Secunden, $= 0{,}4094$ Secunden.

Maximum $= 0{,}560$.

Minimum $= 0{,}289$.

Versuch II.

A.	B.	C.
43. 45. 43.	Reizung unterhalb des Ganglion carvicale	44.
49. 54. 44.	superius. Reizdauer $^7/_{200}$ Secunden.	43.
44. 48.	Rollenabstand 7 cm.	47.
40. 47.	I. 112. 108. 115. 113. 107. 104. 115. 112,	Durchschnitt 44,66.
52. 51.	113. 119. 113. 110. 123.	
45. 49.	II. Alles wie bei I.	
45. 48.	119. 117. 121. 122. 120. 119.	
Durchschnitt 46,68.		
Gesammtdurchschnitt der Reaktionszeit 45,67.		

Beilage zu Versuch II.

113 in B^I 3 $\times$ in 13 Versuchen = 23 %.

B^{II} bleibt unberücksichtigt, ebenso C.

Wird von B^I (= 113) abgezogen A (= 46,68), so ist Latenzzeit $\frac{66.\ 32}{200}$ = 0,3316 Secunden.

Mittel aus B^I und B^{II} = 114, 8, davon ab:

Mittel aus A und C = 45. 67 = $\frac{69.\ 13}{200}$ = 0,346 Secunden,

Maximum = 0,381, Minimum = 0,301.

Versuch III.

A.	B.	C.
46. 44. 51.	Reizung unterhalb des Ganglion cervicale	53.
40. 43. 38.	superius. Reizdauer $^7/_{200}$ Secunden.	42.
38. 50. 45.	I. Rollenabstand 10 cm.	41.
43. 34. 48.	101. 100. 111. 103. 102. 114. 102. 106.	48.
35. 41. 44.	105. 101. 107. 102. 102. 108. 105. 128.	Durchschnitt 46.
47. 46. 42.	104. 108. 114. 112.	
45. 41.	II. Alles wie I.	
39. 45.	106. 104. 97. 103. 113. 105. 97. 103. 110.	
	101. 105. 100. 100. 100. 101. 97. 101. 111.	
	109. 104. 112. 117.	

A.	B.	C.
Durchschnitt 42,95. Gesammtdurchschnitt 44,47.	Die jetzt folgenden Werthe sind bedeutend höher und unregelmässiger; der Grund liegt hierfür mit ziemlicher Sicherheit in der Ermüdung des Beoachters. Da die Zahlen somit ohne Werth sind, sind sie nicht angeführt. Die am häufigsten vorkommende Zahl ist 101, die höchste und niedrigste 128 und 97. Die Latenzzeit würde demnach sein $\frac{56.\ 53.}{200}$, $\frac{83.\ 53.}{200}$ und $\frac{52.\ 53.}{200}$ Secunden.	

Beilage zu Versuch III.

101. 5 × in 42 Fällen = 11 % der Fälle. $\frac{A + C}{2} = 44{,}5$.

B — $\frac{A + C}{2} = 56{,}5 = 0{,}2825$ Secunden.

Maximum = 0,418.
Minimum = 0,262.

Versuch IV.

A.	B[1]	C.
40. 42. 42. 48. 48. 44. 39. 44. 45. 50. 44. 49. 35. 45. 46. 44. 44. 41. Durchschnitt 43,88. Gesammtdurchschnitt 47,94.	Reizung unterhalb des Ganglion cervicale superius. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden. I. Rollenabstand 23 cm. 105. 107. 107. 108. 106. 109. 97. 104. 102. 109. 99. 102. 109. 110. 98. 111. 100. 101. 100. 108. II. ebenso. 101. 105. 109. 109. 104. 106. 99. 105: 99. 101. 102. 95. 97. 109. 106. 106. 103. 104. III. ebenso. 102. 100. 90. 98. 98. 99. 94. 91. 96. 92. 87. 92. 99. 98. 90. 96. 94. 95. 93. 98. 98. 98. IV. Rollenabstand 20 cm. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden. 104. 98. 98. 100. 88. 92. 88. 92. 100. 90. 98. 97. 103. 100. 100. 102. 101. 99. 98. 98. 101. 105. 101. V. ebenso. 101. 92. 96. 97. 97. 97. 97. 92. 97. 95. 99. 94. 98. 96. 94. 103. 95. 99. 97. 106.	54. 50. 60. 47 47. 46. 48. 56 51. 58. 52. 53 54 46. 52. 54. 56. Durchschnitt 52,00.

Beilage zu Versuch IV B^{I}.

In den ersten 100 Versuchen B^{I} kommt am häufigsten vor: 98, nämlich in 13 % der Fälle.

Mittel von A = 43,88

$$B^{I} - A = \frac{98 - 43.88}{200} = \frac{54.12}{200} = 0{,}2706 \text{ Secunden.}$$

Maximum = 0,315.

Minimum = 0,195.

A.	B^{II}.	C.
	Rollenabstand 20 cm. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden.	
	I. 116. 102. 102. 92. 100. 101. 103. 99. 97. 100. 98. 97. 99. 103. 96. 110. 104. 104.	
	II. Rollenabstand 12 cm. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden.	
	108. 108. 100. 106. 104. 104. 104. 90. 101. 104. 95. 98. 99. 100. 95. 103. 102. 105. 108. 106. 100. 101. 102.	
	III. Rollenabstand 16 cm. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden.	
	114. 97. 102. 99. 103. 100. 93. 108. 98. 104. 93. 102. 98. 98. 105. 110. 98. 105.	
	IV. Rollenabstand 10 cm. Reizdauer $^{15}/_{200}$ Secunden.	
	111. 109. 97. 96. 103. 102. 105. 103. 101. 106. 97. 103. 105. 107. 109. 111. 111. 100. 106.	
	V. ebenso	
	109. 113. 104. 107. 111. 103. 101. 102. 109. 106. 104. 106. 104. 108. 116. 109. 112. 111. 110.	

Beilage zu Versuch IV, B^{II}.

In den zweiten 100 Versuchen (B^{II}) kommt am häufigsten vor: 104, nämlich in 10 % der Fälle. Mittel von C = 52.

$$B^{II} - C = \frac{104 - 52}{200} = \frac{52}{200} = 0{,}2600 \text{ Secunden.}$$

Maximum 0,340.

Minimum 0,220.

Versuch V.

A.	B.	C.
47. 40. 52. 49. 44. 47. 47. 45. 49. 42. 42. 49. 47. 44. 46. 40. 38. 46. 43. 45. 45. Durchschnitt 44,94. Gesammtdurchschnitt 44,88.	Reizung unterhalb des Ganglion cervicale superius. Rollenabstand 30 cm. Reizdauer $^{36}/_{200}$ Secunden. 96. 92. 92. 91. 89. 92. 97. 100. 86. 80. 87. 85. 81. 88. 99. 89. 81. 84. 85. 85. 84. 84. 84. 87. 80. 85 84.	44. 50. 47. 48. 41. 41. 46. 46. 41. 41. 48. 44. 42. 50. 45. 42. 46. Durchschnitt 44,82.

Beilage zu Versuch V.

84 kommt 5 × in 27 Versuchen vor, das ist 18,5 % der Fälle.

$$\frac{A + C}{2} = 44.\,88.$$

$$B - \frac{A + C}{2} = \frac{84 - 44.\,88}{200} = \frac{39{,}12}{200} = 0{,}1956 \text{ Secunden.}$$

Mittel aus B = 87.

87 — 45 = 42 = 0,21 Secunden.

Maximum 0,276. Minimum 0,176.

Folgerungen.

Die Ergebnisse der im Vorangehenden mitgetheilten Experimente sind in folgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Versuche.	Wahrscheinlichster Werth.	Mittelwerth.	Maximum.	Minimum.
I.	0.409 Sec.		0,569	0,289.
II.	0,332 „	0,346 Sec.	0,381	0,306.
III	0,283 „		0,418	0,262.
IV^{I}.	0,271 „		0.315	0,195.
IV^{II}.	0,260 „		0,340	0,220.
V.	0,196 „	0,210 „	0,276	0,176.

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, wenn wir zunächst allein die nach den häufigsten Werthen berechneten Zahlen berücksichtigen, dass die gesuchte Latenzzeit zwischen 0,2 und 0,4 Secunden liegen muss. Ist es erlaubt, aus den betreffenden Werthen ein Mittel zu nehmen, so würde dieses 0,292 Secunden sein.

Wenn wir diese für die Zeit zwischen Reizung des Halssympathikus und Beginn der Pupillenerweiterung gefundenen Beträge vergleichen mit den von anderen Autoren angegebenen, so ist klar, dass sie ganz und gar abweichen von den von Heese angegebenen Zahlen; seine Angabe, (etwa 2 Secunden) übertrifft meine kleinsten Werthe um mehr als das Zehnfache. Wohl würde sich dagegen mein Ergebniss vereinbaren lassen mit den von Braunstein gefundenen Werthen. Denn aus seinen Versuchen geht hervor, dass er die Latenzzeit zu etwa 0,4 Secunden gefunden hat. Dies würde ein Werth sein, der von derselben Ordnung wäre, wie die meinigen, ja mit dem im ersten Versuch erhaltenen fast genau übereinstimmt.

Die Angabe von Heese dagegen würde nicht einmal mit den von mir berechneten Maximalwerthen zu vergleichen sein; denn das höchste von mir berechnete Maximum ist nur = 0,569 Secunden. Der von mir benutzten Methode könnte es nicht zur Last gelegt werden, wenn die Zahlen so viel kleiner ausgefallen sind, als die Heese'schen. Eher hätten sie zu gross ausfallen können.

Es sei hier zum Schluss noch einmal darauf hingewiesen, welche Zeiten der von uns berechnete Werth von rund 0,3 Secunden einschliesst. Es kommt in Betracht, 1) die Leitungszeit im Nerven, die, da es sich theilweise um marklose Fasern handelt (vom Ganglion aufwärts) vielleicht nicht ohne Weiteres vernachlässigt werden darf. Denn über die Erregungsleitung im marklosen Nerven liegen bisher Zeitmessungen nicht vor. 2) Die präsumtive Verzögerung im Ganglion, die, wenn sie existirt, nach Erscheinungen an anderen Stellen zu urteilen, nicht viel unter 0.05 Secunden betragen dürfte. 3) Die eigentliche Latenzzeit der pupillenerweiternden Elemente. Diese letzteren würden demgemäss unter 0,25 Secunden betragen. Eine solche Latenzzeit könnte sehr wohl einem glatten Muskel (M. dilatator pupillae) zukommen, da kein Grund vorliegt, die höheren Latenzzeitwerte, die man für glatte Muskeln kaltblütiger Tiere bestimmt hat ohne Weiteres auf Warmblütermuskeln zu übertragen.

Literatur.

1. **H. Helmholtz,** Abhandl. d. Berliner Akademie d. Wissensch. 1854. S. 332.
2. **W. Wundt**, Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. II. Stuttgart 1876.
3. **Sigm. Exner**, Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. VIII. S. 526. 187
4. **J. Rosenthal,** Abhandl. d. Berliner Akademie, 1873. S. 104. 1875. S. 419.
5. **François Franck u. Pîtres** Archives de physiol.-norm. et pathol. 1885. I p. J. A. 149.
6. **L. Krawzoff u. Langendorff** du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1879. S. 90.
7. **N. Bubnoff und R. Heidenhain,** Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. XXVI. S. 546.
8. **M. Joseph,** du Bois-Reymond's-Archiv f. Physiol. 1883. S. 480.
9. **J. Gad,** Verhandl. der physikal.-medicin. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XVIII. Bd. No. 8. 1884.
10. **W. Wundt,** Unters. über die Erregungsvorgänge im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871.
11. **J. Gad u. M. Joseph** du Bois-Reymond's Archiv. 1889 S. 199.
12. **Sigm. Exner**, Ebendaselbt 1877. S. 567, und Monatsschriften der Berliner Akademie. 1877. S. 729.
13. **H. Kölliker**, Handbuch der Gewebelehre. VI. Auflage. Leipzig 1896. Bd. II, 2. S. 850.
14. **Langley u. Dickinson,** Journ. of Physiol. Vol. XI. p. 123. u. Ö.
15. **O. Langendorff**, Centralblatt f. Physiol. 1891. Heft 5.

15a. **Derselbe,** Sitzung d. Naturf.-Gesellschaft zu Rostock. 1892. December.

16. **Heese,** Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. L. II. S.
17. **Braunstein,** Zur Lehre von der Innervation der Pupillenbewegung. Wiesbaden 1894.
18. **G. Mulert,** Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. LV. S.
19. **H. Aubert u. Angelucci,** Ebenda, Bd. XXII. S. 69.

Zum Schluss dieser Arbeit habe ich die angenehme Pflicht zu erfüllen, Herrn Professor O. Langendorff meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die unermüdliche Liebenswürdigkeit, mit welcher ich bei den Experimenten und der Ausführung dieser Arbeit unterstützt worden bin.